

기후변화논쟁을 통해 본 환경과학의 역할과 성격

박희제 (경희대)

I. 들어가는 말

한편으로 과학기술은 대규모 환경파괴와 위험을 양산하는 산업화와 현대소비사회의 기반으로 역할해오고 있기 때문에 비난의 대상이다. 하지만 다른 한편으로 현대의 환경문제는 인간의 감각기관으로 즉각적으로 인지되는 것이 아니라 과학적인 이론과 공식의 형태로야 드러나는 경우가 많기 때문에 환경문제의 부각과 해결과정에서 과학기술의 역할 역시 크게 증대하고 있다(Ramsey, 1994). 과학기술로 대변되는 근대가 낳은 부산물로서의 위험을 강조하면서 동시에 이러한 후기근대사회의 위험들에 대한 인식과 해석과정이 과학기술에 크게 의존할 수밖에 없음을 강조한 울리히 벡의 위험사회론은 과학기술에 대한 이러한 이중적인 가치를 잘 드러내준다(벡, 1997).

환경운동의 영역에서도 초기의 환경운동이 대체로 반과학적, 반기술관료적인 성격을 많이 띠고 있었다면 20세기 후반 이후 많은 환경운동이 환경위험논쟁을 중심으로 전개되면서 환경운동에서도 과학기술의 중요성이 커져가고 있다. 현대 환경운동의 한 계기가 되었던 레이첼 카슨의 『침묵의 봄』을 비롯해 과학자들과 이들의 지식이 환경위험에 대한 인식의 확산과 환경운동의 정당성 확보에 점점 더 커다란 역할을 수행하게 된 것이다(Nelkin, 1971; Buttel and Tylor, 1994). 같은 맥락에서 일부 학자들은 환경운동이 부분적으로 과학적 지식의 권위를 통해 환경문제를 쟁점화하고 환경정책의 당위성을 설득한다는 점을 환경운동이 가치에만 근거한 다른 사회운동과 구분되는 점이자 더 성공적일 수 있었던 중요한 이유라고 지적하고 있다(Yearley, 1991, 1995).

지구기후변화 문제는 아마도 환경문제의 인식과 확산과정 나아가 환경운동과 환경정책의 과학의존성을 가장 잘 보여주는 예일 것이다. 논쟁의 여지가 전혀 없는 것은 아니나 기후변화를 쟁점화하고 이를 전 지구적 차원의 환경문제로 부각시키는데 과학

* 이 논문은 같은 제목으로 한국환경사회학회지 『ECO』 2008년 1호에 게재 예정되어 있는 논문을 한국과학기술학회 전기학술대회 발표를 위해 소폭 수정한 것입니다.

자들과 그들이 갖고 있는 전문지식의 역할이 결정적이었다는 점은 부정하기 어렵다. 이러한 상황을 반영하듯 일부 환경사회학자들은 적극적으로 환경과학의 타당성과 정당성을 옹호하는 모습을 보여주고 있다. 던랩과 케이튼(Dunlap and Catton)이 그 대표적인 예인데, 이들에 따르면 침체기를 거치던 미국의 환경사회학은 1980년대 후반부터 새로운 중흥기를 맞게 되었고 그 중요한 원인 중 하나가 바로 기후변화로 상징되는 환경문제의 성격변화다. 즉 기후변화는 환경문제의 규모가 지역문제를 넘어 전 지구적인 문제로 변화했고 환경악화가 전 지구적으로 심화되었다는 인식 뿐 아니라 '인류'가 '지구' 환경에 미치는 심대한 영향에 대한 관심을 확산시켜 환경운동과 환경사회학을 크게 부흥시킬 기회를 제공했다는 것이다. 여기서 던랩과 케이튼은 기후변화라는 쟁점이 일반 대중과 각국 정부의 관심사로 부각되는데 환경과학이 핵심적인 역할을 하고 있음을 강조하고, 일부 환경사회학자들이 기후변화에 대한 과학적 주장들의 내재적 불확실성이나 사회구성적 성격에만 초점을 맞춰 오히려 전 지구적 환경변화의 실태와 그 원인에 대한 과학적 주장의 타당성에 대한 대중의 믿음을 약화시키는 우를 범하고 있다고 비판한다(Dunlap and Catton, 1994).¹⁾

이처럼 사회가 환경문제를 다루어가는 과정에서 과학이 수행하는 역할과 환경과학의 성격에 대한 관심과 논쟁이 크게 증가하고 있으나 우리나라에서는 아직 이에 대한 구체적인 논의들이 충분히 이루어지지 못하고 있다. 유전자변형식품, 기후변화, 대운하의 예에서 보듯 국내에서도 과학이 환경담론이나 환경운동에서 중심적인 위치를 차지하는 예가 늘어가고 있음에도 불구하고 과학기술학이나 사회학에서 환경과학의 성격과 그것이 환경논쟁과 어떻게 상호작용하고 있는지에 대한 탐구에는 상대적으로 적은 관심만을 보여주고 있는 것이다.²⁾ 이에 이 글은 기후변화 연구를 사례로 삼아 환경과학의 성격과 역할에 대한 이해의 폭을 넓히는 것을 목적으로 한다. 이 논문은 특

-
- 1) 보다 구체적으로 던랩과 케이튼은 지구적 환경변화에 대한 구성주의적 접근방법에 대해 다음의 다섯 가지 문제점들을 지적한다. 첫째, 구성주의적 접근방법은 지구적 환경변화를 하나의 사회적 구성물로 개념화하기 때문에 환경문제의 사회적 원인과 결과들에 대한 연구를 방해한다. 둘째, 과학에 대한 사회구성주의적인 시각은 과학적 지식—특히 인간이 지구적 환경변화에 미치는 영향에 대한 과학적 주장들—에 대한 회의적인 태도를 확산시킨다. 셋째, 과학에 대한 사회구성주의적 시각은 극단적인 상대주의로 발전되어 신뢰할만한 과학적 증거와 그렇지 못한 주장들을 구분하지 못한다. 넷째, 구성주의적 시각은 환경에 대한 과학적 주장만을 연구대상으로 삼을 뿐 사회와 환경간의 상호작용을 분석하지 못하는 절름발이 환경사회학을 낳는다. 다섯째, 지구적 환경변화에 대한 사회구성적 측면의 강조는 사회문화 결정론 혹은 인간 예외주의(Human Exemptionalism)를 조장할 수 있다(Dunlap and Catton, 1994). 이러한 주장의 타당성에 대한 비판적인 이론적 검토는 박희제(2005)를 참조할 것.
 - 2) 국내 환경사회학계에서 환경과학을 중요한 주제로 다룬 소수의 논문으로는 노진철(1996), 서이중(2001), 박희제(2005), 김서용(2006) 등이 있다.

히 기후변화에 대한 과학적 연구의 역할과 이를 둘러싼 논쟁들에 초점을 맞추고, 이를 통해 현대사회의 많은 쟁점들을 올바르게 이해하기 위해서는 환경과학의 성격에 주목해야함을 주장할 것이다.

이후의 논의는 크게 세 부분으로 나누어진다. 먼저 다음 절은 기후변화가 전 지구적인 쟁점으로 자리매김하는 과정을 과학의 역할을 중심으로 정리한다. 이후 기후변화 연구를 둘러싼 논쟁들을 환경과학의 내재적 불확실성, 이해관계와의 연관, 그리고 과학지식의 암묵적 가정들이라는 세 가지 측면을 통해 논의한다. 마지막으로 맺음말은 이 연구에서 살펴본 환경과학의 역할과 성격을 요약하고 이에 대한 함의들을 논의할 것이다.

II. 기후변화의 전 지구적 쟁점화와 과학의 역할

1. 기후변화연구와 지구온난화의 정치쟁점화

기후변화에 대한 과학적 연구는 이산화탄소를 비롯한 온실가스가 지구에서 방출되는 복사열을 가두어 온실효과를 이룬다는 지구온난화 이론을 핵심으로 한다. 기후변화의 위협에 대한 과학자들의 관심은 1930년까지 거슬러 올라가지만 이러한 관심이 본격적인 연구로 전환된 것은 1970년대 초 ‘성장의 한계(Limits of Growth)’ 논쟁의 일환으로 이 문제가 부각되면서다. 당시에는 주로 대기먼지(aerosols)와 초음속 비행기가 지구의 기온을 저하시킬 가능성에 대한 우려가 제기되었고, 미국에서는 에너지성(Department of Energy)의 지원으로 대기 중 이산화탄소가 어떤 과정을 거쳐 생성되고 소멸되는지에 대한 집중적인 연구가 1950년대 이후 수행되고 있었다. 또한 이 무렵 대규모의 연산작업을 신속하게 처리할 수 있는 컴퓨터가 주요 대학에 설치되기 시작하면서 대기과학자들이 대기순환을 수학적인 모델로 구성해 현재의 기후뿐 아니라 장기적인 기후변화과정을 모의실험하는 대기-해양 대순환모델(General Circulation Models)을 탐구하기 시작했다(Boehmer-Christiansen, 1994a: 153).³⁾

그러나 1970년대까지 기후변화는 특별한 정치적 관심을 불러오지 못했고 이에 대

3) 기후변화관련 초기연구에 대한 보다 상세한 역사는 Hart and Victor(1993)를 참조할 것. 미국에서 에너지성은 원자력 이용의 주된 옹호자이기 때문에 초기 기후변화연구에 대한 에너지성의 지원은 부분적으로 당시 커다란 사회적 저항에 직면하고 있던 원자력 발전을 옹호하기위한 의도가 깔려있는 것으로 해석된다. 기후변화연구의 조직간 연계에 대한 보다 상세한 기술은 Boehmer-Christiansen(1994a, 1994b)을 참조할 것.

한 논의는 대체로 과학계에 머물러있었다. 1974년 유엔 하에서 기상학과 지구물리학 관련 국제협력연구를 주관하던 세계기상기구(World Meteorological Organization)의 실행위원회가 지구기후변화 연구계획을 수립하기 위한 전문가 위원회를 구성했고, 1975년 세계기상기구 세계대회에서는 이들을 중심으로 지구온난화의 가능성이 토의되었으나 결론은 과학적 지식이 부족하므로 더 많은 연구가 필요하다는 것이었다.

한편 비정부 기구인 국제 과학자조합 협의회(International Council of Scientific Union, 이하 ICSU)의 환경과학자들 역시 일찍부터 지구온난화 문제에 관심을 갖고 있었다. ICSU 산하의 환경문제에 대한 과학위원회(Scientific Committee on Problems of the Environment)는 1976년 ICSU 전체총회에서 초기 단계의 수학적 대기-해양 순환모델에 입각해 앞으로 200년 동안 대기 중 이산화탄소의 양이 급격하게 증가하고 이산화탄소의 양이 배가될 때마다 지구의 온도가 약 2C ~ 3C 올라갈 것으로 예측해 지구온난화에 대한 과학자사회 내의 관심과 논쟁을 더욱 가열시켰다.

이러한 과학자사회의 우려의 목소리는 1979년 세계기상기구가 조직한 제1차 세계 기후 회의(World Climate Conference)에서 분명히 부각되었는데 이 회의는 “인간의 활동이 심각한 지역적, 전 지구적 기후변화를 초래할 수 있다”는 우려를 표명하고 “미래의 지구 기후변화를 탐구하고 그 결과를 인간사회의 개발계획에 포함시키는데 전 지구적인 협력이 필요하다”고 주장했다(IPCC, 2004: 2). 그리고 이를 위해 유엔환경프로그램(the United Nations Environment Programme) 및 ICSU와 함께 기후변화에 대한 과학적 연구와 기후변화 대응정책을 연구할 세계기후프로그램(World Climate Programme)이라는 연구조직의 설립을 결정했다.

세계기상기구나 ICSU 과학자들의 초기 입장은 대체로 지구온난화와 기후변화의 가능성을 언급하면서도 아직 이에 대한 과학적 확실성이 크게 부족하므로 이에 대한 연구의 확대가 필요하다는 것이었다. 즉 이들의 일차적인 관심은 관련연구의 확대와 이를 위한 연구비 지원의 확보였다고 할 수 있다. 반면 유엔환경프로그램은 기후변화를 지구적인 위협으로 정의하고 기후변화 논쟁에 정책적 함의를 부각시키는 역할을 수행하면서 기후변화 논쟁의 중요한 행위자로 등장하게 된다. 이는 부분적으로 기후변화가 유엔환경프로그램이 초점으로 삼고 있는 지구공동체의 상호의존성과 제3세계의 개발문제를 쟁점화하기에 매우 좋은 소재이기 때문이었다(Boehmer-Christiansen, 1994a: 155).

이처럼 세계기상기구와 유엔환경프로그램 그리고 ICSU는 기후변화와 관련된 우려와 이에 대한 과학적 연구의 필요성을 전 세계로 확산시킨 핵심적인 주체들이었는데, 이들의 노력은 1985년 필락회의(Villach Conference)에서 중요한 계기를 맞게 된다. 세계기상기구, 유엔환경프로그램, 그리고 ICSU의 지원을 받아 오스트리아의 필락에서

열린 이 회의에서 29개국에서 모인 80명의 환경과학자들과 에너지문제 전문가들 그리고 저명한 연구소의 연구책임자들은 지구기후변화(특히 지구온난화)에 대한 논문을 발표하고 정책적 대응방안을 논의했다. 필락회의는 참여자들의 저명도와 다양한 출신 국가를 통해 기후변화에 대한 우려에 과학이라는 신뢰감을 부여했을 뿐 아니라 두 가지 점에서 주목할 만하다. 먼저 필락회의에 참여한 과학자들은 기후변화에 대한 과학적인 연구결과를 논의하는데 그치지 않고 각국 정부에 온실가스배출 감축 등의 구체적인 정책적 제안을 함으로써 기후변화에 대한 우려를 정치적인 쟁점으로 부각시켜나갔다. 또한 필락회의는 세계기상기구와 유엔환경프로그램에 과학적 자문을 해줄 소수의 독립적인 과학자들로 구성된 온실가스에 대한 조언그룹(Advisory Group on Greenhouse Gas, 이하 AGGG)을 출범시켰다. 대부분 필락회의 참여 과학자들로 구성된 이 독립적인 연구그룹은 1986년 출범이후 약 5년간 기후변화의 위협을 전 세계로 확산시키는 핵심적인 조직이 되었는데, 많은 의미에서 정부 간 기후변화패널(Intergovernmental Panel on Climate Change, 이하 IPCC)의 전신이라고 할 수 있다. AGGG는 기후변화를 쟁점화하기위한 정치적인 행보에도 적극적이었는데 일례로 1987년에는 이탈리아의 벨라지오에서 지구기후변화 문제에 공감하는 정책결정자들과 사회과학자들을 초청해 정책 워크숍을 열기도 했다(Boehmer-Christian, 1994a). 1980년대 초반까지도 기후변화 문제에 대한 대중적 관심은 낮은 편이었고, 이 문제를 정치적·사회적 쟁점으로 부각시킨 이들은 유엔조직과 연계된 국제적인 과학자 조직체들이었다고 해도 큰 과언이 아닐 것이다.

2 IPCC의 등장과 역할

널리 알려져 있듯 1988년 IPCC의 설립은 기후변화에 관심을 갖고 연구하던 과학자들이 공식적인 제도 아래로 모이게 되는 계기가 되었다. 유엔 산하조직인 세계기상기구와 유엔환경프로그램이 주된 후원자가 되어 설립된 IPCC는 기후변화에 관련된 과학적 정보를 정기적으로 수집하고 평가하며 이를 바탕으로 각국 정부와 유엔에 기후정책을 조언하는 임무를 맡고 있다. 기후변화와 관련된 수많은 연구들이 대학이나 비영리 연구기관에 소속된 소규모의 독립적인 연구자들에 의해 수행되고 있는데 IPCC는 이러한 연구결과들을 평가하고 정리한 후 유엔 산하기구에 보고해 그 내용을 전 세계로 확산시키는 역할을 수행하고 있는 것이다(IPCC, 2004).

스위스 제네바에 사무국을 두고 있는 IPCC는 각국의 세계기상기구 대표와 관련분야 전문가로 구성되는데 사무국 외에 기후변화에 대한 과학적 평가작업을 담당하는

연구집단(Working Group I, WGI), 기후변화의 영향을 평가하는 연구집단(Working Group II, WGII), 그리고 기후변화 대응기술에서 국가 간 협정에 이르기까지 기후변화에 대응하기 위한 대책을 마련하는 연구집단(Working Group III, WGIII)으로 나누어져 있다. IPCC의 연구집단 간의 관계는 WGI의 발견을 기초로 WGII의 작업이 이루어지고, 다시 여기에 기초해 WGIII의 정책연구가 이루어지므로 대기 물리학, 대기 화학, 기상학자들이 중심이 된 WGI가 가장 중요하다고 볼 수 있다.

이들의 작업을 바탕으로 IPCC는 1990년 제2차 세계기후회의에서 최초의 보고서를 제출한 이후 2007년 제4차 보고서에 이르기까지 기후변화문제에 대한 과학적 주장을 지배해오고 있다. 비록 그 보고서 내용의 불확실성 때문에 과학자사회 내에서의 논쟁은 상존하고 있지만 IPCC 보고서의 내용은 언론과 환경운동단체 등을 통해 기후변화와 관련된 권위있는 과학적 언명으로서 전 세계로 확산되었던 것이다. IPCC의 보고서는 크게 세 가지 주장으로 요약되는데 첫째는 지구온난화가 과학적인 측정과 예측이 가능한 현상이라는 주장이고, 두 번째는 지구온난화가 인간에 의해 초래된 것이라는 주장이며, 마지막은 이것이 다음 수 십 년 내에 지구에 재앙을 가져올 것이라는 주장이다. IPCC는 기후변화에 대한 과학적 지식과 우려의 확산을 주도해오고 있을 뿐 아니라, 기후변화가 인간이 초래한 문제임을 강조함으로써 각국에 지구온난화 문제를 해결하기 위해 신속한 협력 조치를 취할 것을 요청해왔다. 가장 최근의 제4차 IPCC 공식보고서는 2100년까지의 지구 온도의 상승을 네 가지 시나리오에 따라 예측하고 있는데 지구화가 진전되며 환경보다 경제가 우선시 될 경우는 1.4-6.4°C, 지구화가 진전되며 환경이 우선될 경우 1.1-2.9°C, 지역화가 진전되며 경제가 우선될 경우 2.0-5.4°C, 그리고 지역화가 진전되며 환경이 우선될 경우는 1.4-3.8°C의 평균 지구기온 상승을 예측하고 있다(IPCC, 2007).

장기간에 걸친 기후변화에 대한 과학적 예측과 그 원인 및 해결조치에 대한 과학적인 분석은 이후 기후변화 문제에 대처하기 위한 국가 간 협약들을 이끌어내는 주된 압력으로 작용했다. 1989년 제44차 유엔총회는 IPCC에 다음 유엔총회에 기후변화에 대한 보고서를 제출할 것을 요청했고, 1990년 제45차 유엔총회는 IPCC의 보고서에 기초해 기후변화에 관한 UN 기본협약(the UN Framework Convention on Climate Change, 이하 UNFCCC)을 이끌어내기 위한 정부간 협상 위원회(Intergovernmental Negotiating Committee)를 구성하게 되었다.⁴⁾ 1992년 정식으로 설립된 UNFCCC는 결국 1997년 제3차 당사국 회의에서 참여국들의 온실가스 배출목표 설정과 이의 준수를 강제하는 교토의정서(the Kyoto Protocol)를 이끌어내었고, 2007년 인도네시아 발

4) 기본협약(a framework convention)은 보통 특정한 주제를 다루는 포럼을 구성하기 위한 기획으로 후에 구속력 있는 의정서(protocol)를 도출하기 위한 과도기적 도구다.

리에서 열린 제13차 당사국 회의는 기후변화 대응을 위한 2012년 이후의 체제를 다룬 발리로드맵을 채택했다.

III. 기후변화 논쟁을 통해 본 환경과학의 성격

지금까지 살펴본 것처럼 기후변화는 과학자들에 의해 처음 문제가 제기되었고 세계기상기구나 ICSU와 같은 세계적인 과학자들의 조직체를 통해 문제의식이 확산되어 나갔다. IPCC를 위시한 과학자들이 수행한 역할은 지구 온난화라는 현상을 과학적인 언어로 주장하고 그것이 전 지구에 미치는 파국적인 결과를 예측하는 것으로부터, 주로 화석연료 이용 증가에 기인한 이산화탄소 증기를 그 원인으로 규정하고 필요한 온실가스 감축량을 제안하는데 이르기까지 매우 광범위한 것이었으며, 이들의 연구는 기후변화와 관련된 정책결정과 정치적인 협상의 기초자료가 되었다. 결과적으로 과학자들의 집합적 노력이 기후변화라는 문제를 세계적으로 확산시키고 국가 간 협정을 도출하는데 결정적인 역할을 했다고 해도 큰 과장은 아니다.⁵⁾

그러나 기후변화 연구의 정치적 역할 이면에는 기후변화연구의 내용에 대한 끊임 없는 비판과 도전이 함께하고 있다. 이러한 비판들은 크게 세 가지 각도에서 이루어 졌는데 먼저는 기후변화에 대한 과학적 지식의 불확실성에 대한 비판이고, 두 번째는 기후변화 연구와 연관된 이해관계에 대한 비판이며, 세 번째는 객관적으로 보이는 과학이 암묵적으로 수용하고 있는 규범적 질서에 대한 비판이다. 이러한 기후변화 연구를 둘러싼 비판과 논쟁은 기후변화 연구의 성격뿐 아니라 환경과학 전반의 성격을 잘 드러내주고 있다. 이에 이하의 논문에서는 각각의 시각에서의 비판의 내용을 살펴보고 그 함의를 논의할 것이다.

1. 환경과학의 불확실성

기후변화에 대한 광범위한 연구에도 불구하고 이들 연구결과는 과학자사회 내부에서 끊임없이 도전받아왔다. 기후변화와 관련해 지구온난화가 진행되고 있으며 인간이 배출한 온실가스가 지구온난화를 발생시킬 수 있다는 점에 대해서는 대체로 과학자사회 내에서 합의가 존재하지만 지구온난화의 정도가 어느 정도가 될 것이며 그 원인과 결과가 어떤 것일지에 대해서는 여전히 불확실성이 크고 많은 논쟁이 남아있다. 게다가

5) 이러한 일반적 견해와 달리 Boehmer-Christiansen(1994b)는 환경과학 보다는 각 나라의 에너지 정치가 지구온난화정책에 더 중요한 역할을 했다고 주장한다. 또 환경시민운동단체들의 역할에 대해서는 노진철(2003)을 볼 것.

가 이러한 불확실한 지식이 정책결정의 기초가 되어야 하기 때문에 이를 둘러싼 논쟁은 단순한 과학자들 간의 논쟁 이상의 함의를 갖는다.

장기간에 걸친 지구의 기후변화에 대한 연구들은 대기-해양 대순환모델에 기초하고 있다. 이는 기본적으로 기상예측을 위한 기상학을 확대한 것으로 기상변화를 일으킬 수 있는 수많은 변인들을 이용한 수학적인 기후 변화 예측 모델을 만들고 이를 통해 미래의 기후변화를 예측하는 시나리오를 작성하는 것이다. 그러나 이러한 연구방법은 연구초기부터 타당성과 실현가능성이 의심받아왔다(Mohnen et al., 1991). 무엇보다 지구의 기후를 결정하는 것으로 알려진 대기, 해양, 지표면, 극지방의 빙원, 그리고 지구 생물권이라는 다섯 가지 구성요인들 간의 상호작용 메커니즘에 대한 과학적 지식이 부족하기 때문에 현재의 대기-해양 대순환모델은 이론에 근거한 예측보다는 모의 실험을 통해 다양한 시나리오를 제시하는데 그치는 한계를 갖는다. 또한 대리지표(proxy indicator) 사용이라는 한계로 인한 측정의 타당성 논란이 끊이지 않고 있다. 대기-해양 대순환모델을 이용한 기후변화 추정은 과거 기후에 대한 추정모델의 예측값과 실제 데이터가 얼마나 잘 들어맞는지를 대조하는 작업을 통해 추정모델의 정확성을 검증할 수밖에 없다. 그러나 이러한 검증작업은 무엇보다 지구의 온도를 측정할 역사가 매우 짧아 모델의 검증을 위한 신뢰할만한 기록이 없다는 한계를 갖고 있다. 따라서 기상학자들은 지구의 기온변화를 직접 측정하는 대신 오늘날 측정이 가능한 다른 대상들에 기온이 어떤 영향을 미쳤는지를 이용해 간접적으로 과거의 기온을 측정하는 대리지표를 이용한다. 예를 들어, 기후가 따뜻할 때는 나이테의 간격이 벌어진다는 사실을 이용해 오래된 나무의 나이테를 이용하거나 극지방의 얼음에 구멍을 뚫어 그곳에 나타난 층을 시간을 거슬러 거꾸로 세어나가면서 얼음 속에 들어있는 염분도와 산성도, 꽃가루 등을 분석해 온도를 간접 측정하는 것이다(롭보로, 2003).

이러한 어려움은 실험과 통제가 불가능한 대부분의 환경과학이 갖는 공통적인 것이며 상대적으로 쉽게 환경과학이 생산해 낸 과학적 지식의 타당성에 대한 문제제기가 가능하게 만든다. 기후변화 연구의 경우 대리지표의 이용에 따른 기후변화 측정값의 부정확성이나 기후변화 예측을 위한 수리적 모델에 포함된 변수들의 예측값 변화에 따라 기후변화와 관련된 서로 다른 시나리오가 수없이 산출되는 문제들 때문에 오랫동안 전통적인 물리학자나 수학자들로부터 온전한 과학(sound science)으로서의 지위를 인정받지 못해왔다.⁶⁾

6) 바로 이러한 이유로 1970년대 초 영국 기상청의 지질학자 휴버트 램(Hubert Lamb)이 장기간에 걸친 과거와 미래의 기후변화를 추적하는 연구를 수행하고자 기상청을 떠나 동알제리 대학의 기후연구소(the Climate Research Unit)를 설립했을 때 그의 연구는 영국의 과학연구지원 시스템으로부터 연구비 지원을 받을 수 없었고 동료 연구자들로부터도 경원시 되었다. 기상청의 과학자들이나 영국 과학연구지원을 주도하는 경성과학 연구자들에게 램의 연

기후변화 연구가 전 지구적인 규모로 진행되고 IPCC가 설립된 후에도 IPCC의 지구온난화에 대한 예측이 잘못된 물리학적 가정에 근거한 비현실적인 주장이라는 비판이 계속 되었다. 대부분의 비판은 IPCC의 지구온난화 예측의 불확실성을 보다 구체적으로 지적하며 이에 따른 보고서의 내용이 과장되었다는 주장으로 나타났다. 가장 중요하게는 현재의 컴퓨터가 갖고 있는 연산능력의 한계 때문에 대순환모델이 대기 중에 떠도는 먼지입자(aerosols)의 냉각효과, 대기 속에 포함된 수증기의 피드백 현상, 그리고 구름의 효과를 제대로 반영하지 못하고 있고 이로 인해 대기 중 이산화탄소 증가에 따른 온난화 효과를 과대추정하고 있다는 비판이 지속되어 왔다.⁷⁾ 또 다른 중요한 도전은 1990년대 후반부터 우주물리학자들에 의해 전개되었는데 이들은 지구의 온도변화가 온실효과가 아니라 태양의 흑점 주기 지속기간에 의해 결정되어 왔다고 주장하며 기상학에 기초한 기존 연구들을 비판했다.⁸⁾ 이러한 과학적 비판들은 온실효과를 전면적으로 부정하는 것은 아니지만 IPCC가 제시하고 있는 온실효과 크기가 실제보다 훨씬 과장되었음을 주장한다는 점에서 공통적이다. 유사한 맥락에서 이러한 비판들은 IPCC 보고서가 빙하기와 간빙기가 장기적으로 반복되는 순환적인 기후변화 요인을 과소평가하고 지구온난화가 인간이 배출한 온실가스에 의해 초래되고 있다는 주장을 지나치게 강조하고 있다는 주장으로 이어지기도 한다(롬보로, 2003; Boehmer-Christian, 1994b).

또 다른 종류의 비판은 IPCC의 보고서가 지구온난화가 지구에 미치는 부정적 영향을 과장하고 있다는 주장들이다. IPCC 보고서는 지구기온의 상승이 해수면 상승, 농업생산량 감소, 이상기후변화의 증가 등을 초래해 인류에게 파멸적인 영향을 가져올 가능성이 크다고 경고하고 있다. 그러나 일부 학자들은 이러한 경고가 지구온난화에 대한 대중들과 정치인들의 주목을 얻는 데는 효과적이겠지만 부정적 효과만이 지나치

구는 온전한 과학으로 간주되기 어려웠던 것이다(Wynne, 1994).

7) 대기 먼지입자들 중 일부는 태양에너지를 반사해 지구온도를 낮추는 효과를 가져온다. 이산화탄소가 온난화를 일으키는 중요한 메커니즘은 지구가 더워질수록 물이 증가해 수증기가 늘어나고 이 수증기가 더 많은 열을 붙잡아둔다는 것이다. 그리고 이 수증기의 피드백 효과는 지표면의 온도가 아니라 지표면에서 10-13km 높이의 대류권 온도에 의해 좌우된다. 그런데 그동안 IPCC는 대류권의 온도가 지표면의 온도와 같은 속도로 더워진다고 가정했다. 그러나 인공위성을 통한 측정결과는 대류권의 온도상승폭이 추정치의 6분의 1도 되지 않음을 보여주고 있어 수증기의 피드백 효과가 과대 추정되었음을 시사하고 있다. 구름 역시 그 두께와 높이에 따라 기후를 데울 수도 냉각시킬 수도 있는 중요한 요인이나 구름의 작용은 현재의 컴퓨터 모델 능력으로는 추정이 불가능해 임의의 수로 대체하는데 이 임의의 수의 작은 변화가 전체적인 지구기후변화의 예측값을 크게 변화시켜 기존의 대순환 모델에 의한 지구기후변화 예측의 신뢰도에 의문을 제기했다. 구체적인 연구결과들에 대한 출처인용은 롬보로(2003)를 참조할 것.

8) Nigel Calder의 *The Manic Sun*(1997)이 대표적인 연구다.

게 과장된 것이라고 비난하고 있다. 일례로 IPCC WGII의 첫 책임자였던 유리 이즈리얼(Yuri Izreal)로 대표되는 구소련의 과학자들은 이산화탄소 농도의 증가와 지구온난화가 오히려 식물의 생장에 긍정적이어서 대부분 온대 이상의 위도에 위치하고 있는 선진국들의 경우 지구온난화는 이익이 더 크다고 주장해왔다(Boehmer-Christian, 1994a, 1994b).

물론 역으로 IPCC의 보고서의 지구기후변화와 그 영향에 대한 예측이 지나치게 보수적인 관점에서 위험을 과소추정하고 있다는 주장도 끊임없이 제기되었다. 특히 최근 지구온난화로 인해 극지방의 빙벽이 녹아내리는 속도와 이로 인한 해수면의 상승이 IPCC가 예측하는 것보다 훨씬 빠르게 이루어질 것이라는 소위 신모형을 주장하는 학자들과 환경운동 단체들이 대표적이다(Risbey, 2008).⁹⁾

지금까지 논의된 기후변화 과학을 둘러싼 논쟁은 환경과학의 불확실성에 주목하게 한다. 지구의 기후변화에 대한 과학적 연구는 직접적인 관찰과 실험에 주로 의존하는 경성과학(hard science)과는 거리가 먼 작업이고 기후변화 연구의 불확실성에 대해서는 이를 연구하는 대부분의 연구자 자신들도 인정하는 것이다. 심지어 IPCC 보고서도 인간이 초래한 지구온난화라는 가설이 수많은 시나리오에 기초한 예측이라는 점을 강조하면서 보고서의 불확실성을 인정하고 좀 더 많은 연구가 필요하다는 입장을 계속 견지해 오고 있다(IPCC, 2004).¹⁰⁾ 다른 한편으로 IPCC는 이러한 과학적 지식의 불확실성이 초래하는 오해를 피하기 위해 제2차 보고서부터는 예측(predicting)이라는 용어를 추정(projecting)이라는 용어로 대체했고, 제3차 보고서를 작성하는 과정에서 불확실성을 가리키는 용어의 표준화 작업을 시도했다. 특히 제4차 보고서는 계량적인 진술은 90%, 66%, 혹은 50%의 신뢰수준에 따른 확률적인 주장으로 제시하고, 질적인 진술 역시 '매우 ~ 할 것 같은(very likely)'은 90% 이상의 확률을, '~할 것 같은(likely)'은 66% 이상의 확률을 의미하는 방식으로 불확실성을 분명하고도 표준화된 방식으로 제시하려고 노력하고 있다(Moss and Schneider, 2000; Moss, 2007;

9) 극지방의 빙벽이 녹아내려 해수면이 상승해 지구의 많은 지역이 수몰될 것이라는 주장은 지구기후변화의 파국적인 영향을 강조하기 위해 언론과 환경운동단체에서 자주 인용되어 왔다. 그러나 이 부분에 대한 실제 IPCC 보고서의 잠정적인 예측은 매우 보수적이어서 IPCC 제3차 보고서는 이러한 일이 21세기에 벌어질 가능성은 매우 희박하다고 언급하고 있으며, 이에 대한 예측은 100년이 아니라 1,000년의 시간을 기준으로 이루어지고 있다(IPCC, 2001; Risbey, 2008)

10) 이러한 불확실성에 대한 인정은 IPCC나 환경운동단체들이 '사전예방의 원칙'에 따라 각 국가들이 지구기후변화 문제에 대처해야한다고 주장하는 데에서도 드러난다. 사전예방의 원칙(precautionary principle)이란 위험에 대한 과학적인 증거가 불완전할지라도 그 예측되는 영향이 파국적인 경우에는 완전한 과학적 증거가 축적되기까지 기다리지 말고 이에 대비하는 행동을 취해야한다는 주장으로 특히 서유럽에서 위험통제원칙으로 제시되고 있다.

Ha-Doung et al., 2007; IPCC, 2007).

환경과학의 성격과 관련해 문제의 핵심은 이러한 불확실성이 IPCC 옹호자들이 주장하듯 좀 더 많은 과학적 연구가 누적되면 점차 해결될 것이고 이에 따라 논쟁도 누그러들 것인가에 있다. 이러한 질문에 대한 필자의 견해는 부정적이다. 먼저 기후변화에 대한 과학적 연구의 불확실성은 대부분의 환경과학에 내재하는 불가피한 문제다. 일반적으로 통제된 실험실에서의 관찰과 실험을 통해 이론이 경험적으로 검증되고 수정되는 경성과학과 달리 대부분의 환경과학은 실험을 통한 인과관계의 도출이나 이론 검증이 어렵고 대리지표의 이용과 시나리오를 통한 예측이 일반적이다. 따라서 지구 기후변화 과학에서처럼 수많은 자원과 노력이 동원되더라도 이견과 비판에 취약할 수밖에 없다.

더욱이 기후변화 연구가 보여주듯 환경과학은 단순한 지적인 호기심차원의 연구가 아니라 그 결과가 정책적 규제로 연결되는 정책과학적 성격이 강하다. 따라서 환경과학은 과학자 자신의 가치지향뿐 아니라 정책결정에 따른 이익과 손해 때문에 형성된 이해관계집단들의 갈등 한 가운데 놓이게 되는 경향이 있다. 이러한 상황이 환경과학을 둘러싼 과학적 비판과 논쟁에 기름을 부어 환경과학의 객관성이나 정당성을 둘러싼 논쟁을 더욱 격화시키게 될 것은 어렵지 않게 짐작할 수 있다(Jasanoff, 1992; Yearley, 1995).

이런 맥락에서 볼 때 보다 흥미롭고 더 중요한 연구주제는 환경과학의 타당성을 옹호하는 것보다 '불확실한' 환경과학이 어떻게 대중과 정책결정자들에게 받아들여지는가 즉 환경과학이 어떤 메커니즘을 통해 정당성을 인정받거나 기각되는가를 살펴보는 것이다. 일례로 환경과학과 정치적 제도와의 상호관계를 살펴보는 것은 매우 흥미로운 작업이 될 것이다. 기후변화 사례에서도 UNFCCC와 같은 정치적 합의가 수리적 모형을 이용한 모의실험을 이용해 수십 년 이후의 지구기후변화를 예측할 수 있다는 IPCC 과학자들의 주장에 정당성을 부여하는 동시에 지구기후변화 과학이 불확실하지만 중요하고 가치있는 것임을 인정하는 역할을 수행했다고 해석할 수 있을 것이다.

2 환경과학과 이해연관의 불가피성

환경과학을 둘러싼 논쟁을 설명하는 하나의 시각은 소위 이해관계 접근법이다. 과학지식에 대한 이해관계 접근법은 상이한 사회적 이해관계 사이의 갈등과 협상의 결과에 의해 과학연구의 독립성이 훼손되어 과학적 지식이 객관적이지 못하게 된다는 비판을 함축하고 있다. 과학자들의 독립성이 훼손되는 경우는 특히 정책과학에서 두

드러지게 나타나게 되는데 이는 정책과학이 상이한 정책지향을 놓고 벌어지는 정치적인 갈등의 한 가운데 놓여있기 때문이다.

과학의 독립성이 훼손되는 첫 번째 형태는 정책결정자들이나 정치적 이해당사자들이 자신들이 듣고 싶어 하는 과학적 조언을 해줄 것 같은 과학자들을 자문 위원회에 임명하거나 이들에게 자신들이 원하는 방향의 연구를 수행하도록 요구하는 것이다. 이와 관련한 그동안의 연구는 주로 환경보호정책이 이윤추구를 방해할 것을 두려워한 기업이 환경문제 발생의 가능성이나 예상되는 피해규모 등과 관련해 환경운동단체나 비영리 연구조직의 연구결과를 비판하거나 이들과 다른 방향의 연구를 물질적으로 지원하고 홍보하는 예들에 관심을 갖고 비판해왔다(Schinaiberg, 1990).

기후변화와 관련해서는 미국에서 전국석탄협회의 주도로 1991년 만들어진 환경정보위원회(Information Council on the Environment)의 활동이 대표적인 예다. 지구온난화의 주된 원인으로 화석연료사용이 지목되고 이산화탄소배출량 감축이 논의되면서 석유와 석탄업계 그리고 이들 연료에 기초한 제조업체들은 지구기후변화 연구와 관련해 심각한 이해관계를 갖게 되었다. 이에 이들은 환경정보위원회라는 홍보조직을 구성해 기후변화를 부정하거나 하나의 가설로 축소하기 위한 대중홍보와 로비활동을 전개하기 시작했다. 이 과정에서 환경정보위원회는 자신들의 주장에 대한 신빙성을 높이기 위해 온실효과에 회의적인 몇몇 과학자들로 자문단을 꾸리고 이들을 동원해 기후변화 이론을 부정하는 언론활동을 수행했다(램튼·스토버, 2006). 또한 보수적인 정책 연구기관들도 기후변화에 대한 과학적 지식의 불확실성을 비판하고, 지구온난화의 긍정적 영향을 홍보하며, 지구온난화 경감을 위한 정책적 대응이 초래할 부정적인 경제적 효과를 강조해오고 있다(McCright and Dunlap, 2000).

환경정보위원회나 보수적 정책연구기관 같은 이해연관 조직들이 정치적·경제적 이유로 환경과학을 비판하는데 앞장서온 것은 잘 알려진 사실이고 이는 상대적으로 눈에 띄기 쉽다. 따라서 환경운동단체나 환경사회학자들은 흔히 환경과학을 비판하는 연구들을 이해관계적 시각으로 해석하는 경향이 있어왔다. 또 실제로 과학외부의 이해관계가 과학자의 연구주제나 내용, 그리고 그 결과의 배포에 영향을 미친다는 정치경제학적 시각이 환경과학을 둘러싼 논쟁을 설명하는데 많은 기여를 하는 것은 분명하다. 그러나 이러한 접근방식은 환경과학 역시 유사한 비판에 쉽게 노출될 수 있다는 점을 간과하고 환경과학은 건전한 과학이고 이를 비판하는 과학은 자본의 사주를 받은 사이비과학이라는 이분법적 도식을 수용한다는 점에서 지나치게 단순하게 환경과학을 이해하는 약점을 갖는다. 몇몇 사례들에 근거한 과학의 중립성에 대한 비판은 환경과학을 불건전한 거짓과학이라고 비난하는 보수적 단체들의 입장과 마찬가지로 연구비 제공자의 의도에 따라 연구결과가 마음대로 왜곡될 수 있다는, 즉 과학을 자

울성이 전혀 없는 꼭두각시 인형으로 간주하는 지나치게 단순한 시각을 전제하기 때문이다.¹¹⁾

이러한 맥락에서 우리가 더욱 관심을 기울여야 할 연구주제는 이해관계의 영향여부보다 이해관계가 영향을 미치는 메커니즘에 대한 설명이다. 이와 관련해 IPCC의 제도적 형태가 IPCC 보고서에 미치는 영향에 대한 논쟁은 흥미로운 시사점을 던져주고 있다. 부분적으로 IPCC의 역사적 설립배경은 미국의 레이건 행정부가 과학자들의 자율적인 조직체인 AGGG가 정치적으로 무책임한 아카데미 과학자들에 의해 지배되는 것을 우려한데서 비롯되었다. 이에 IPCC는 세계기상기구와 유엔환경프로그램에 가입한 각국 정부가 임명한 과학자들이 각 분야의 전문가들과 함께 작업하는 구조를 갖게 되었는데 이들 국가대표들은 본 보고서 검토와 본 보고서의 요약본인 『정책입안자를 위한 요약서(Summary for Policy Makers, SPM)』의 승인에 핵심적인 역할을 수행한다(IPCC, 2004). 그런데 일부 비평가들은 이러한 IPCC의 조직구조가 IPCC 보고서의 보수적인 경향성을 만든다고 비판한다. IPCC가 전체 구성원의 합의를 이루기 위해 상이한 국가들의 이해관계를 고려할 수밖에 없고 따라서 공통분모를 이루는 최소한의 발견만을 보고하는 경향을 갖게 되었다는 것이다(Wear, 2006).

반면 다른 한편에서는 기후변화연구결과의 검토, 기후변화의 지구적 영향에 대한 검토, 그리고 기후변화에 대응하는 정책제안으로 규정된 IPCC의 조직목표가 기후변화를 전 지구적으로 쟁점화하려는 과학자들과 서유럽 국가들의 정치적인 의도에 의해 결정되었고 그 결과 IPCC 보고서는 기후변화의 부정적 결과만을 강조하는 경향을 갖게 되었다고 비판한다. 특히 WGⅢ의 작업이 기후변화에 대한 대응정책을 제안하는 것에 국한되어 기후변화에서 유발되는 이익과 비용, 특히 제안된 기후변화대응정책의 이익과 비용을 모두 살펴보는 대신 온실가스 규제방안에만 초점을 맞추고 있다는 것이다(롬보로, 2003, Boehmer-Christiansen, 2003).

과학의 독립성이 훼손되는 또 다른 형태는 과학자(조직) 자신이 과학의 불편부당성이라는 이상을 훼손하기 쉬운 유인을 갖는 경우다. 실제로 지구기후변화 사례는 이러한 두 번째 형태의 이해관계가 과학적 연구결과에 미치는 영향에 대한 많은 논란을

11) 같은 이유로 앞서 살펴본 지구온난화 이론에 대해 비판적인 연구들을 기업이나 기후변화 협정에 반대하는 국가들의 이해관계를 반영한 왜곡된 과학으로 치부하는 것은 지나치게 단순한 관점이다. 램튼과 스토버(2006)나 맥크라이트와 던랩(2000)의 경우도 대부분의 지면이 지구온난화에 비판적인 '연구' 자체가 아니라 지구온난화를 부정하기위해 비판적 연구 결과를 '홍보'하는 사례들을 다루고 있다. 환경과학 자신이 이해관계적 접근법에 의해 비판되는 대표적인 예는 개도국들이 IPCC의 기후변화과학에 선진국들의 정치적 의도가 숨겨져 있다고 주장하는 것이다. 이러한 비판 때문에 IPCC는 제2차 보고서부터 각 연구집단(Working Group)에 선진국 과학자와 개도국 과학자로 이루어진 공동 위원장 체제를 도입하고 있다.

났었다. 일례로 IPCC는 지구 온난화가 심각하며, 인간에 의해 만들어졌음을 강조해야 하는 제도적인 이해관계를 갖고 있다고 주장된다. IPCC를 구성하는 과학자들과 연관된 분야의 연구자들은 기후변화의 파국적인 위협을 강조하고 그것이 자연적인 것이 아니라 인위적으로 만들어졌기 때문에 자신들이 과학적인 해결방안을 제안할 수 있음을 강조함으로써 대규모의 연구비가 지속적으로 이 분야의 기초연구로 쏟아지도록 해야 하는 이해관계를 갖는다는 것이다(Boehmer-Christiansen, 1994b).

반드시 물질적인 이해관계가 아니라도 과학자 자신이 갖고 있는 과학 외적인 신념이 과학적 자문의 방향에 영향을 미칠 수도 있다. IPCC가 『정책입안자를 위한 요약서』를 발표하면서 벌어진 문구의 수정은 이와 관련해 자주 언급되는 예다. 앞서 설명했듯 현재 경험되고 있는 지구온난화가 자연적인 기후변동과정의 한 부분이 아니라 인간의 화석연료사용에 의해 초래된 것이라는 주장은 IPCC가 일관되게 주장해온 내용이다. 1996년의 제2차 보고서에서 IPCC의 입장은 “지금까지 밝혀진 증거들은 지구 기후에 인간이 눈에 띄게 영향을 미치고 있음을 시사한다”였다. 그러나 『정책입안자를 위한 요약서』를 작성하고 이를 승인받는 과정에서 이러한 입장은 “지구기후에 인간이 눈에 띄게 영향을 미쳐왔다”로 수정되어 인간이 초래한 지구온난화는 이제 하나의 가능성이 아니라 사실(fact)로 제시되었다. 이 내용은 다시 2000년 10월 초안에는 보다 구체적으로 “인위적인 온실 가스 농도의 증가가 지난 50년 동안 관찰된 지구 온난화에 상당한 기여를 했을 가능성이 크다”로 수정되었고, 2001년의 공식 요약서에는 “지난 50년 동안 관찰된 온난화 현상의 대부분은 온실 가스 농도의 증가로 인한 것일 가능성이 크다”로 더 강경하게 바뀌었다. 그런데 이러한 표현의 변화가 과학적인 근거가 있는 것인가라는 기자의 질문에 대해 유엔환경프로그램의 팀 히건 대변인은 “과학적으로 새로 발견된 사실은 없었습니다. 다만 과학자들은 정책입안자들에게 분명하고 강력한 메시지를 전달하고 싶어 했습니다”라고 대답하고 있어 IPCC 과학자들의 신념이 과학적 보고서의 내용에 영향을 미치고 있음을 보여주고 있다(롬보르, 2003: 704).¹²⁾

3. 객관적으로 보이는 과학이 내포하는 암묵적인 가정

기후변화 연구를 둘러싼 논쟁의 세 번째 배경은 객관적으로 보이는 과학이 암묵적으로 수용하고 있는 규범적 질서에 대한 비판과 관련되어 있다. 특히 구성주의적 과

12) 유사한 구체적인 사례들에 대해서는 롬보르(2003)와 Boehmer-Christiansen(2003)을 참조할 것.

학사사회에 영향을 받은 연구자들은 기후변화와 관련되어 불편부당한 객관적인 과학이라는 이름으로 포장된 주장들이 사실은 지구환경문제의 우선순위에 대한 산업화된 선진국들의 해석을 반영하고 있다고 주장해왔다. 그러나 이들의 주장은 개도국들이 이해관계적 접근법에 입각해 기후변화 논쟁에 선진국들의 정치적 의도가 숨겨져 있다고 주장하는 것과는 다르다. 즉 이들의 초점은 과학 외부의 이해관계가 의도적으로 과학적 내용에 반영되는 측면보다 보편적 지식을 추구하는 과학적 방법에 암묵적으로 배태되어 있는 세계관의 규범성에 놓여 있다. IPCC는 지속가능한 기후환경을 정의하고 조작하는 과학적인 작업에서 시작해 미래의 생존에 필요한 사회적·경제적 정책을 도출하는 작업을 수행하기 때문에 기본적으로 기후변화의 문제를 탄소배출량 증가에 따른 지구온실효과와 등치시킨다. 그런데 이러한 과학적인 접근은 이미 지구의 기후변화와 관련해 무엇이 중요한 쟁점인지를 암묵적으로 전제하고 있다는 것이다 (Macnaghten and Urry, 1998; Wynne, 1994; Yearley, 2005).

이러한 문제점들은 테일러와 버틀(Taylor and Buttel)의 연구를 통해 잘 드러나고 있다. 앞서 지적했듯 기후변화가 대중과 정치인들의 주목을 받게 되기까지 이 문제를 객관적인 문제이자 지구의 보편적인 문제로 정의해 낸 환경과학의 역할이 매우 컸다. 그런데 버틀과 테일러에 따르면 기후변화를 주요 환경문제로 쟁점화시키는 과정에서 환경운동가와 환경사회화학자들은 환경과학에서 발전해온 “지구화”라는 개념을 무비판적으로 받아들이는 경향이 있다. 하지만 환경(문제)의 “지구화”라는 명제는 양면성을 갖는다. 즉 환경과학을 통해 환경문제를 지구적 차원에서 정의하는 것은 과학의 보편성에 의존해 환경보존이라는 인류공동의 이해관계로 우리의 관심을 인도하지만 다른 한편으로는 환경문제의 발생과 경감에 상이한 이해관계를 갖는 다양한 사회집단들과 국가들로부터 유래하는 정치적 갈등에서 우리의 관심을 유리시키는 경향이 있다. 예를 들면 “지구적” 환경문제에 대한 강조는 그러한 환경문제에 대한 제3세계 국가들과 부유한 산업국가들의 “차별적인” 책임을 흐리게 할 수 있는 것이다(Taylor and Buttel, 1992; Buttel and Taylor, 1994).

이와 관련해 흥미로운 논쟁거리를 제공했던 예는 세계자원연구소(the World Resource Institute)의 온실지수(greenhouse index, GI)에서 찾아볼 수 있다. 미국 워싱턴에 위치한 세계자원연구소는 1982년에 설립된 저명한 환경정책연구소로 환경관련 연구뿐 아니라 월드워치연구소와 함께 환경관련 통계자료의 수집과 발표로 널리 알려진 연구기관이다. 1990년 세계자원연구소는 각국 정부에 압력을 가해 UNFCCC의 구성을 촉진하기 위해 각국의 연간 온실가스 순 배출량을 측정하려는 노력을 기울이게 된다. 즉 지구온난화에 대한 국가별 책임정도를 평가하고, 나아가 국가별 실제 온실가스 배출 감축 목표를 설정함으로써 각국 정부들의 온실가스 배출 감축 정책을 평가할

기준을 제공하겠다는 것이다. 1990년 세계자원연구소는 각국의 1987년 이산화탄소, 메탄가스, 염화불화탄소 순 배출량을 종합한 온실지수를 구성해 순 온실가스 배출 상위 50개국을 발표했는데 여기에 따르면 순 온실가스 최다 배출국은 미국, 소련, 브라질, 중국, 인디아, 일본, 독일, 영국, 인도네시아, 프랑스 순으로 구 소련을 포함하면 절반이 개도국이다(WRI, 1990: 15).

세계자원연구소의 온실지수에 입각한 연구결과는 특히 언론의 큰 주목을 받았으며 과학적이고 객관적인 결과로서 널리 확산되어갔다. 세계자원연구소의 작업이 언론과 환경운동단체 및 정치인들의 큰 주목을 받게 된 배경에는 세계자원연구소가 고안한 온실지수 계산방법의 상대적인 단순명료성과 이에 대한 정치적인 필요가 놓여있다. 지구온난화에 전 지구적으로 공동대처하기 위해서는 지구온난화에 대한 각국의 책임 정도를 규명하고 이를 바탕으로 지구온난화문제의 해결을 위해 각국이 어떤 책임량을 떠맡아야 할 것인지를 결정하는 것이 시급한 과제였기 때문에 세계자원연구소의 온실지수는 이를 위한 과학적인 자료를 제공하는 것으로 환영받은 것이다. 또한 과학적인 관점에서 각국의 연간 온실가스 배출량을 측정하고 이를 통해 각국이 기후변화에 얼마나 책임이 있는지를 평가하는 하는 것은 매우 객관적이고 공정한 작업이다. 과학이라는 시각에서 볼 때 이산화탄소 분자 하나하나는 모두 같은 것이고 따라서 각국의 순 이산화탄소 배출량 총합을 측정해 다른 나라의 배출량 총합과 비교하는 것은 지구온난화의 책임을 평가하는 단순명료한 작업인 것이다(Yearley, 2005).

그러나 언론의 주목과 달리 세계자원연구소의 작업은 많은 과학자들에 의해 자료의 불완전성과 지수구성방법의 타당성 그리고 온실지수의 규범적 성격 때문에 많은 비판을 받았다(Ahuja, 1992; Thery, 1992). 그중 뉴델리에 위치한 과학과 환경 센터(the Centre for Science and Environment)의 연구자 애거웰과 너레인(Agarwal and Narain)이 발표한 『불평등한 세계에서 지구온난화: 환경제국주의의 사례(Global Warming in an Unequal World: A Case of Environmental Colonialism)』는 가장 대표적인 것으로 소위 CSE-WRI 논쟁을 불러왔다.

자료의 불완전성에 대한 지적 외에 과학과 환경 센터의 세계자원연구소에 대한 비판의 핵심은 과학적인 용어로 포장된, 따라서 객관적인 것처럼 보이는 세계자원연구소의 국가별 지구온난화에 대한 책임배분이 두 가지 중요한 측면을 감추고 있다는 것이었다. 첫 번째는 온실가스 배출 유형의 분류에 대한 것으로, 숨 쉬는 것과 같은 생존을 위한 이산화탄소 배출(survival emission)과 대중교통을 이용할 수 있음에도 단지 편리를 위해 자가용을 몰고 다니는 것 같은 사치를 위한 이산화탄소 배출(luxurious emission)이 구분되어야 하나 세계자원연구소의 온실지수는 이러한 차이를 무시하고 있다는 것이다. 분명 이러한 두 종류의 이산화탄소 배출 유형이 구분되어야

한다는 주장은 일리가 있다. 그러나 과학적인 측면만 따진다면 모든 이산화탄소 분자는 동일한 것이고 따라서 이산화탄소 분자의 개수만을 계산하는 과학적인 방법은 대기오염의 상이한 유형을 구분하지 못하는 한계를 안고 있다.

두 번째는 순 온실가스 배출량을 측정될 때 자연의 복원력을 어떻게 분배할 것인가에 대한 것이다. 대기 중으로 배출된 온실가스는 모두가 온실효과를 일으키는 기체 상태로 대기 중에 남아있는 것은 아니라 일부는 자연적인 환경침전지(environmental sinks)에 의해 재흡수된다. 이산화탄소의 경우 인간이 배출한 이산화탄소의 약 55%는 해양과 토양 그리고 식물에 의해 흡수되는 것으로 알려져 있다(IPCC, 1996: 79). 따라서 세계자연연구소의 과학자들은 모든 온실가스 배출량에서 그 가스가 식물과 토양 등에 흡수되는 정도를 뺀 양을 각국의 배출량으로 계산했다. 예를 들어, 어떤 나라의 이산화탄소 배출량이 연간 10억 톤이라면 55%의 이산화탄소는 식물과 해양의 미생물 등에 의해 재흡수 되므로 이 분량을 뺀 4억 5천만 톤만을 그 나라의 총 이산화탄소 배출량으로 계산하는 식이다.¹³⁾ 그러나 과학과 환경 센터 과학자들에 따르면 일견 합리적으로 보이는 이러한 계산방법은 배출된 모든 온실가스 분자에 일정한 환경침전지에 의한 흡수율을 일괄적으로 적용하기 때문에 온실가스 배출량에 비해 지구의 자연적인 흡착능력을 배분하는 불공평한 방법이다. 과학과 환경 센터 과학자들은 대안적으로 자연적인 환경침전지를 전 인류의 공동자산으로 간주해, 전 지구의 모든 자연적인 환경침전지의 온실가스 흡수용량을 동등하게 인구수로 나누어야 한다고 주장한다. 이 경우 온실가스를 가장 많이 배출하는 국가가 아니라 인구가 가장 많은 나라가 상대적으로 혜택을 입게 된다. 결국 과학과 환경 센터의 주장의 핵심은 비록 인도가 대규모의 온실가스 배출국인 것은 사실이나 많은 부분 그 이유는 인도의 인구가 많기 때문이라는 것이다(Yearley, 2005: 168-170). 실제로 인도의 평균적인 시민이 배출하는 이산화탄소(1.2톤)는 미국인의 5.8%, 영국인이나 독일인의 12%에 불과하다(UNDP, 2007).

CSE-WRI 논쟁은 많은 면에서 기후변화를 둘러싼 선진국과 개도국 간의 환경정의 논쟁을 미리 보여주는 것이고 따라서 이 논쟁이 과학적으로 해결되기를 기대하기도

13) 세계자연연구소의 온실지수는 $GI = \sum_i E_i A F_i \frac{a_i}{a_{co2}}$ 라는 공식에 의해 구해지는데, 이때

E_i 는 각 국가의 i 기체 총배출량을, a_i 는 i 기체의 즉각적인 방사흡수량(radiative absorptance)을, 그리고 $A F_i$ 는 i 기체가 대기 중으로 운반된 잔량의 비율(airborne fraction)을 의미한다. 즉 $A F_i$ 는 대략 '1- i 기체의 자연적 흡수율'이다. 그런데 세계자연연구소는 이산화탄소의 대기잔량비율을 0.71로, 메탄가스는 0.26으로 그리고 염화불화탄소는 1.0으로 잡고 있어 IPCC보다 이산화탄소의 자연적 흡수율(1- $A F_i$)을 낮게 계산하고 있다(Ahuja, 1992).

어렵다.¹⁴⁾ 그러나 세계자원연구소와 과학과 환경 센터 주장의 타당성에 대한 논의는 이 논문의 핵심적인 주제가 아니다. 또 부분적으로 CSE-WRI 논쟁은 환경과학의 불확실성이나 선진국과 개도국의 이해관계를 반영하는 것으로 해석될 수 있다. 하지만 여기서 주목하는 바는 세계자원연구소의 온실지수가 과학이 암묵적으로 전제하는 전형적인 규범적 세계관을 반영하고 있다는 점이다. 과학의 중요한 특징 중 하나는 환원적인 설명을 통해 보편적인 지식을 추구한다는 것이다. 개인별로 병세가 모두 조금씩 다르지만 과학은 이러한 현상들이 모두 같은 세균이나 바이러스에 감염되었기 때문에 혹은 특정한 유전자의 문제로 발생되었다고 설명함으로써 시간과 장소를 뛰어넘는 보편적인 지식을 추구하는 것이다. 이 과정에서 개별사례들의 다양성은 총계로 전환되어 동질화되어 버린다. 같은 맥락에서 하나의 탄소와 두개의 산소로 이루어진 이산화탄소는 이를 누가, 어떤 이유로, 어디에서 배출했든 지구온난화라는 효과를 발생시킨다는 점에서 동일한 것이고 따라서 기후변화 연구가 이산화탄소 분자 개수의 계산에 집중하는 것은 과학자체가 갖고 있는 암묵적인 규범적 질서에 조응하는 것이다. 그리고 바로 그 이유로 언제 어디서나 동질적인 것으로 간주되는 이산화탄소 분자를 통해 지구온난화를 설명하는 과학적 방법은 암묵적으로 지구기후변화의 원인과 책임 역시 무차별적인 잣대로 측정하고 해석하게 되어 비록 의도적이지는 않더라도 특정한 정치적 입장을 대변하는 결과를 낳는다. 과학과 환경 센터의 계산법 역시 세계자원연구소와 마찬가지로 무엇이 공평한 것인가에 대한 특정한 견해를 전제하고 있음은 물론이다.

한편으로 이러한 발견은 객관적인 과학이라는 외표아래 숨겨진 암묵적인 세계관의 규범성에 대한 환경사회학자들의 관심을 요구한다. 세계자원연구소의 온실지수에 대한 과학과 환경 센터의 비판은 외면적으로는 과학적인 내용에 대한 것이지만 실질적으로는 그들의 책 제목이 시사하듯 규범적·윤리적인 것이었다. 또한 이러한 관심은 나아가 객관적인 지식을 주장하는 환경과학에 의존한 환경문제의 제기가 바로 그 과학성 때문에 부지불식간에 다른 정치적, 사회적, 윤리적 쟁점을 논의의 대상에서 배제하고 있지 않은가라는 질문을 제기한다. 객관적이고 보편적인 지식을 추구하는 과학이 기후변화를 전 지구적인 문제로 부각시키는데 크게 공헌한 것은 사실이지만 동시에 기후변화를 과학적으로 정의하고 평가하려는 노력은 바로 그 과학의 내재적인 속

14) 교토의정서는 세계자원연구소와 과학과 환경 센터의 방법을 모두 부정하고 각국이 나무를 심어 새로운 숲을 조성한다든지 계획된 벌채를 취소하는 방법으로 토지이용법을 개선해 자연적인 침전지를 확대하는 경우를 고려해 온실가스 배출량을 계산하도록 규정했다. 소위 “토지이용, 토지용도변경 및 산림(Land Use, Land Use Change, and Forestry, LULUCF) 사업과 국제배출권 거래제에 대한 환경정의적 차원의 비판적인 고찰은 윤순진 (2002)을 참조할 것.

성 때문에 기후변화를 협소하게 개념화하고 환경정의와 같은 문제가 논의되는 것을 방해할 수도 있는 것이다(Wynne, 1994; Tylor and Buttel, 1992; Buttel and Tylor, 1994).

IV. 맺음말: 기후변화 과학의 정치성

환경문제의 쟁점이 점차 환경보존문제에서 환경위험문제로 확장되어 가면서 환경문제에서 과학이 차지하는 역할도 점점 더 중요해지고 있다. 과학자와 과학자조직들이 기후변화를 전 지구적 의제로 만드는데 결정적인 역할을 할 수 있었던 이유는 오히려 백이 주장하듯 현대사회가 직면한 많은 환경위험들이 인간의 오감으로 즉각적으로 감지되는 위험이 아니라 과학적 수식을 통해서야 비로소 드러나고 보편성을 획득하기 때문이다. 즉 우리의 감각으로 바로 지각할 수 없는 위험을 실재하는 위험으로서 사회가 수용하도록 하기 위해서는 이를 과학이라는 언어를 통해 객관적인 사실로 부각시키는 과정이 매우 중요하다.

또한 과학이 보이지 않는 위험을 일반대중과 정치인들에게 실재하는 문제로 드러낼 수 있었던 배경에는 직접적으로 감각되지 않는 자연세계를 체계적으로 측정하고 총합해 보편적이고 규칙적인 현상으로 설명하는 과학의 능력뿐 아니라 과학적 지식이 자연세계에 대한 객관적인 기술이자 설명이라는 현대인의 믿음이 놓여 있다. 이는 지구온난화의 위험을 환경운동단체가 주장하는 경우와 IPCC나 로열 소사이어티(The Royal Society) 같은 과학조직이 주장하는 경우에 대한 언론과 일반대중의 반응 차이에서 쉽게 확인될 수 있을 것이다.

이런 면에서 과학은 기후변화처럼 즉각적으로 감각되지 않는 위험을 사회가 사실로 인정하도록 만드는데 필수불가결한 요소라고 할 수 있고 이점은 현대사회에서 과학이 갖는 정치성의 핵심이다. 같은 맥락에서 환경과학이 환경운동을 다른 사회운동과 구분되게 하는 요소라는 주장은 분명 일정부분 설득력이 있고, 환경과학의 성격과 역할에 좀 더 주의를 기울여야한다는 주장도 매우 타당한 것이다.

그러나 환경문제의 과학의존성을 지나치게 강조하는 것은 과학을 환경과괴의 히수인으로 각하시켜버리는 것만큼이나 환경문제의 이해에 걸림돌이 될 수도 있다. 현대의 환경문제 특히 환경위험문제가 환경과학에 크게 의존하는 것은 분명한 사실이고 앞으로 환경사회학이 더욱 큰 관심을 기울여야할 부분임에 틀림없지만 환경과학이 환경문제를 논란의 여지없이 정의하고 우리에게 드러내 보여줄 수 있을 것으로 간주하

는 것은 환경과학의 성격과 그것이 환경문제에 대해 갖는 함의를 지나치게 단순화시킨다. 기후변화 사례는 분명 과학이 환경문제의 쟁점화와 환경운동과 환경정책의 정당성 확보에 중심적인 역할을 수행할 수 있음을 잘 보여 주고 있지만 동시에 환경과학이 갖고 있는 연성과학(soft science)적 성격과 정책과학적 성격 그리고 과학적 방법에 내포되어 있는 세계관의 규범성 때문에 환경과학이 정치경제적 이해갈등의 중심에서 제거될 가능성이 매우 높다는 점 역시 보여주고 있는 것이다.

무엇보다 환경문제의 복잡성과 측정 및 실험적 통제의 어려움은 환경과학의 불확실성을 불가피하게 한다. 이것은 이러한 환경과학의 연성과학적 성격은 환경과학에 내재된 것으로 환경과학자들이 흔히 주장하듯 더 많은 연구가 진행되면 해결될 문제만은 아니다. 게다가 환경과학의 정책과학적 성격은 이해관계집단의 형성을 초래해 환경과학의 불확실성과 정당성을 둘러싼 논쟁은 쉽게 과학논쟁에서 정치적인 갈등으로 전환된다. 상이한 정책을 선호하는 집단은 자신들의 주장을 객관적인 것으로 포장하고 주장의 설득력을 높이기 위해 자신의 입장을 지지하는 과학적 연구와 과학자들을 찾게 되는데, 환경과학의 연성과학적 성격은 과학자사회 내부에 많은 이견을 낳으므로 상이한 이해관계를 갖는 집단과 상이한 과학적 주장의 연합이 한결 수월하게 이루어지게 되는 것이다. 또한 과학적 연구결과가 정책에 반영되어 사회에 큰 영향을 끼치게 되는 정책과학의 특성상 사회적으로 쟁점화 되는 정도에 비례해 상대적으로 많은 정치적 관심과 연구비가 정책과학에 쏟아 부어질 수 있다. 이는 과학자사회 내에서도 이념적·물질적 이해관계가 생성될 가능성이 커짐을 의미하는 것이다. 나아가 겉으로는 불편부당하고 객관적인 것처럼 보이는 과학적 지식이 사실은 특정한 사회질서와 문화적 가치를 암묵적으로 가정하고 있다는 점 역시 환경과학자들이나 던랩과 케이트튼 같은 환경사회학자들이 기대하는 것처럼 더 많은 과학이 환경문제에 대한 과학적 지식의 불확실성을 제거하고 환경문제에 대한 사회적 합의를 가져올 수 있을지에 회의적인 태도를 갖게 만든다.

그러나 이러한 문제제기가 환경운동은 기본적으로 가치의 문제이고 따라서 과학의 역할은 주변적일 수밖에 없다는 입장을 지지하는 것으로 오해되어서는 안 될 것이다. 다시 강조하거니와 기후변화 사례가 보여주듯 직접적으로 지각되지 않는 환경위험을 정의하고, 설명하고, 쟁점화 하는데 환경과학은 핵심적인 역할을 수행해왔고 또 앞으로도 그러할 것이다. 다만 이 논문이 논의한 환경과학의 성격에 대한 이해는 이러한 환경과학의 역할이 불가피하게 끊임없는 과학적·정치적 논쟁 속에서 이루어질 것이고 이러한 논쟁이 왜 어떠한 메커니즘에 의해 발생하고 전개되어 가는지를 이해하는 것이 앞으로 전개되는 환경논쟁 나아가 현대사회를 설명하기 위한 핵심적인 과제가 될 것임을 시사한다. 그리고 이런 맥락에서 볼 때 환경과학의 타당성을 옹호하기보다 어떤 메커니즘을 통해 '불확실한' 환경과학이 환경위험을 정의하고 쟁점화 하는데 성공

했는지를, 일방적으로 환경과학은 참된 과학으로 그리고 이에 대한 비판은 정치적인 동기에 의한 불순한 과학으로 간주하기 보다는 어떤 이해관계가 환경과학과 이를 둘러싼 논쟁에 결부되어 있고 그것이 어떤 메커니즘을 통해 영향을 미치고 있는지를, 또 환경과학의 객관성을 전제하기보다 개별사례에서 환경과학의 과학적 방법은 어떤 규범적 질서를 암묵적으로 가정하고 있는지를 탐구하는데 더 많은 관심을 기울여야 할 것이다.

참고문헌

- 김서용 (2006), 「환경갈등에서 과학기술적 사실의 사회적 구성과 해석」, 『환경사회학 연구 ECO』 10(1): 105-158.
- 노진철 (1996), 「환경문제에 대한 과학의 적응」, 『공간과 사회』 7: 249-281.
- _____ (2003), 「지구적 환경문제와 NGO들의 동원전략 변화」, 『환경사회학연구 ECO』 5: 8-39.
- 램튼·스토버, 정병선 역 (2006), 『거짓나침반』, 서울. [Stauber, J. and Rampton, S. (2001), *Trust Us, We're Experts!: How Industry Manipulates Science and Gambles with Your Future*, Penguin Putnam.]
- 롬보르, 홍옥희·김승욱 역 (2003), 『회의적 환경주의자』, 에코 리브르. [Lomborg, B. (2001), *The Skeptical Environmentalist: Measuring the Real State of the World*, Cambridge University Press.]
- 박희제 (2005), 「환경문제와 구성주의적 과학이해: 환경사회학과 과학사회학의 상보적 접합을 위하여」, 『사회이론』 26: 182-208.
- 벡, 홍성태 역 (1997), 『위험사회』, 새물결. [Beck, U. (1986), *Risikogesellschaft: Auf dem Weg in eine Andere Moderne*, Suhrkamp Verlag.]
- 서이중 (2001), 「환경문제의 '과학기술과 사회'적 형성과정」, 『환경사회학연구 ECO』 1: 64-91.
- 윤순진 (2002), 「기후변화와 기후변화정책에 내재된 환경불평등」, 『환경사회학연구 ECO』 3: 8-42.
- Ahuja, D. (1992), "Estimating national contributions of greenhouse gas emissions: The CSE-WRI controversy", *Global Environmental Change* 2(2): 83-87.
- Boehmer-Christiansen, S. (1994a), "Global climate protection policy: the limits of scientific advice-Part 1", *Global Environmental Change* 4(2): 140-159.
- _____ (1994b), "Global climate protection policy: the limits of scientific advice-Part 2." *Global Environmental Change* 4(3): 185-200.
- _____ (2003), "Science, Equity, and the War against Carbon." *Science, Technology, & Human Values* 28(1): 69-92.
- Buttel, F. H. and Taylor, P. (1994), "Environmental Sociology and Global Environmental Change : A Critical Assessment." pp. 228-255 in Redclift, M. and Benton, T. eds. *Social Theory and the Global Environment*, London :

- Routledge.
- Dunlap, R. and Catton, W. (1994), "Struggling with Human Exemptionalism : The Rise, Decline and Revitalization of Environmental Sociology", *The American Sociologist* 29(1): 5-30.
- Ha-Doung, M., R. Swart, L. Bernstein and Petersen, A. (2007), "Uncertainty management in the IPCC: Agreeing to disagree", *Global Environmental Change* 17(1): 8-11.
- Hart, D. M. and Victor. D. G. (1993), "Scientific Elites and the Making of US Policy for Climate Change Research 1957-74", *Social Studies of Science* 23: 643-80.
- Intergovernmental Panel on Climate Change[IPCC] (1996), *Climate Change 1995-The Science of Climate Change*, New York: Cambridge Univ. Press.
- _____ (2001), *Climate Change 2001-The Scientific Basis*, New York: Cambridge Univ. Press.
- _____ (2004), *16 Years of Scientific Assessment in Support of the Climate Convention*, IPCC.
- _____ (2007), *Climate Change 2007-The Physical Science Basis*, (<http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm>).
- Jasanoff, S. 1992. "Science, Politics, and the Renegotiation of Expertise at EPA", *OSIRIS* 7: 195-217.
- Macnaghten, P. and Urry, J. (1998), *Contested Nature*, London: Sage.
- McCright, A. and Dunlap, R. E. (2000), "Challenging global warming as a social problem: an analysis of the conservative movement's counter claims", *Social Problems* 47(4): 499-522.
- Mohren, V. A., Goldstein, W. and Wang, W. (1991), "The conflict over global warming :The application of scientific research to policy choices", *Global Environmental Change* 1(2): 109-123.
- Moss, R. H. (2007), "Improving information for managing an uncertain future climate", *Global Environmental Change* 17(1): 4-7.
- Moss, R. H. and Schneider, S. H. (2000), *Uncertainties in the IPCC TAR: recommendations to lead authors for more consistent assessment and reporting*(IPCC Supporting Material). IPCC.
- Nelkin, D. (1971), "Scientists in an Environmental Controversy", *Science Studies* 1:

245-261.

- Ramsey, N. (1994), "Contributions of Science to the Causes and Cures of Pollution", in Fleming, J. and Gemery, H. eds. *Science, Technology and the Environment : Multidisciplinary Perspective*, pp. 22-33, Akron, Ohio: Univ. of Akron Press.
- Resbey, J. (2008), "The new climate discourse: Alarmist or alarming?", *Global Environmental Change* 18(1): 26-37.
- Schnaiberg, A. (1980), *The Environment : From Surplus to Scarcity*, New York: Oxford Univ. Press.
- Taylor, P. and Buttel, F. H. (1992), "How Do We Know We Have Global Environmental Problems?", *Geoforum* 23: 405-416.
- United Nations Development Program[UNDP] (2007), "*Human Development Report*", (<http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr2007-2008/>).
- Weart, S. (2006), "Global Warming: How History Is Being Manipulated to Undermine Calls for Action", (<http://www.hnn.us/articles/30148.html>).
- World Resource Institute (1990), *World Resources 1990-1991*, New York: Oxford Univ. Press.
- Wynne, B. (1994), "Scientific Knowledge and the Global Environment." in Redclift, M. and Benton, T. eds. *Social Theory and the Global Environment*, pp. 169-189, London: Routledge.
- Yearley, S. (1991), *The Green Case: A Sociology of Environmental Issues, Arguments and Politics*, London: Routledge.
- _____ (1995), "Environmental Challenge to Science Studies", in Sheila Jasanoff et. al. eds. *Handbook of Science and Technology Studies*, pp. 457-479, Thousand Oak, CA: Sage.
- _____ (2005), *Making Sense of Science*, London: Sage.